

## SPULENARRAY FÜR DIE BILDGEBENDE MAGNETISCHE RESONANZ MIT VERRINGERTER KOPPLUNG ZWISCHEN BENACHBARTEN SPULEN

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Abbildungsvorrichtung zur Nutzung der kernmagnetischen Resonanz (WMR) unter Verwendung von Spulen, die dem Senden und/oder Empfangen der Frequenzsignale (Lamorfrequenz) dienen und die in Feldern (Arrays) zusammengefasst sind, wobei die einzelne Spule aus einer Leiterbahn besteht, die eine Fläche definiert.

10

Die Nutzung der magnetischen Kernresonanz hat als ein wichtiges bildgebendes Verfahren weite Verbreitung gefunden. Hierbei wird der Effekt genutzt, dass Atome in einem homogenen magnetischen Feld bei Zuführung von Energie mittels elektromagnetischer Wellen bestimmter Frequenzen aufgrund Absorption eine Anregung erfahren. Die Frequenz bestimmt sich hierbei aus der Stärke des konstanten Magnetfeldes und den speziellen charakteristischen Eigenschaften des Kernes. Nach kurzer Zeit kehren die angeregten Spins in ihren Grundzustand, also den tiefsten Energiezustand zurück und emittieren ein elektromagnetisches Signal, dass über Empfangsspulen erfasst und zur Konstruktion des Bildes genutzt wird. Grundsätzlich können die gleichen Spulenelemente zur Anregung (Senden eines Signals) als auch zum Empfang genutzt werden. Hierzu wird eine größere Anzahl an Spulen in sog. Arrays zusammengefasst. Je größer die Dichte, also die Anzahl der einzelnen Spulen pro Flächeneinheit, umso besser wird das Signal-/Rausch-Verhältnis. Hiermit kann z. B. die Auflösung des hieraus hergeleiteten Bildes erhöht werden. Entscheidender Vorzug ist weiter die Möglichkeit der

15

20

25

30

Nutzung parallelbildgebender Verfahren, die eine höhere Aufnahme-  
geschwindigkeit realisierbar machen.

5 Aus dem Stande der Technik (siehe beispielsweise die WO 02/315  
22) sind sog. MTL-Spulen (Microstrip transmission line) bekannt, die  
in ihrem einfachsten Aufbau aus einem streifenförmigen Leiter be-  
stehen, der auf einem Dielektrikum aufgebracht wird und an dessen  
gegenüberliegender Seite sich eine leitfähige Grundplatte befindet.

10 Der Erfindung liegt die zentrale Aufgabe zugrunde, das im wesentli-  
chen die Leistungsfähigkeit bestimmter Auflösungsvermögen bildge-  
bende Verfahren nach dem NMR-Prinzip weiter zu verbessern.

15 Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, dass zumindest in der Fläche  
ein elektrischer Leiter angebracht ist, der in Bezug auf die Spule au-  
ßerhalb oder innerhalb angeordnet ist, diese vollständig umläuft und  
in sich geschlossen ist.

Der Begriff „vollständig umläuft und in sich geschlossen“ meint, dass  
der Leiter eine geschlossene Schleife darstellt, die in ihrem räumli-  
chen Verlauf an der Leiterbahn der Spule orientiert ist, also in Nach-  
barschaft, im allgemeinsten Fall mit variablem Abstand und entlang  
20 der Leiterbahn verläuft.

Der erfindungsgemäßen Lösung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass  
25 ein hohes Auflösungsvermögens dann erreicht wird, wenn das durch  
die einzelnen Spulen gebildete Array ein Maximum an Dichte auf-  
weist, d.h. dass möglichst viele Spulen möglichst nahe beieinander  
liegen. Dieses Ziel erreicht man durch in ihren Abmessungen klein-  
bauende Spulen, deren relativer Abstand möglichst gering gewählt  
30 wird. Die letzte Forderung hat jedoch den entscheidenden Nachteil,  
dass wechselseitige Beeinflussungen und Kopplungen benachbarten

Spulen, sei es beim Senden oder Empfangen, nicht auszuschließen sind. Ausgehend von diesen Erkenntnissen geht der erfindungsgemäße Lösungsvorschlag dahin, die aus einem streifenförmigen Leiter gebildete Spule, die im wesentlichen aus einer aus dem Stande der Technik bekannten Weise aus einer offenen Schleife bestehen kann, nach außen oder innen zu mit einem geschlossenen elektrischen Leiter zu umgeben. Er verläuft im wesentlichen in der durch die Spule beschriebenen Fläche. Allerdings soll nicht ausgeschlossen werden, dass sich der geschlossene Leiter senkrecht zu der durch die Spule beschriebenen Ebene erstrecken kann. Eine größere Anzahl dieser vorbeschriebenen einzelnen Spulen wird in bekannter Weise zu einem Array zusammengefasst.

Im Rahmen der Erfindung ist denkbar, den Leiter innerhalb oder ausserhalb der Leiterbahn der Spule anzubringen, weil die zur Kompensation im Leiter durch auftreffende Wellenfelder erzeugten Ladungsverschiebungen und Ströme die vom Leiter ausgehenden Felder vom Ort der Anbringung (innerhalb oder ausserhalb der Spule) weitgehend unbeeinflusst bleiben. Vielmehr tritt die Abschirmeffekt bei beiden Anordnungen ein. Grundsätzlich bestehende Unterschiede bei der Anordnungen sind bei entweder großem Abstand zwischen Spule und Leiter und/oder geringer Entfernung des Messpunktes feststellbar. Die Unterschiede werden bei geringem Abstand oder hinreichend großer Entfernung verschwindend gering.

Ausdrücklich vom Schutz umfasst sind auch bauliche Anordnungen, in denen sich ein Leiter innerhalb und ein weiterer Leiter außerhalb der Leiterbahn der Spule verläuft.

Die Wirkungsweise ist wie folgt:

In an sich bekannter Weise sendet und/oder empfängt die Spule die entsprechenden Radiofrequenzen im wesentlichen in Richtung senkrecht zu der durch die Spule beschriebenen Fläche. Der zusätzlich angebrachte, umlaufende und in sich geschlossenen Leiter wirkt als Abschirmung sowohl von elektrischen als auch magnetischen Feldern. Die umgebenden elektrischen Felder enden an dem Leiter, der nach Art eines Faradayschen Käfigs die elektrischen Felder abhält. Das Auftreffen der magnetische Wechselfelder bewirkt zudem die Ausbildung von Wirbelströmen, die nach der Lenzschen Regel den die Wirbelströme erzeugenden magnetischen Felder entgegengerichtet sind und somit zu deren Kompensation beitragen. Im Ergebnis ergibt sich folglich eine elektrische als auch eine magnetische Abschirmung.

Durch die Anordnung des Leiters in der Fläche der Spule wird eine Abschirmung im wesentlichen in dieser Richtung bewirkt, sodass die Sende- und/oder Empfangssignale, die im wesentlichen senkrecht zu der durch die Spule definierten Ebene abgegeben und/oder empfangen werden, ungehindert bleiben. In Richtung der benachbarten Spulen, die sich im wesentlichen in der durch den Leiter definierten Fläche anschließen, erfolgt eine nahezu vollständige Abschirmung sowohl elektrischer als auch magnetischer Wechselfelder. Somit sind die benachbarten Spulen weitgehend voneinander unabhängig und können somit im geringstem Abstand zueinander und unter Ausschluss gegenseitiger Beeinflussung arbeiten (senden und/oder empfangen). Der vorgeschlagene Spulenaufbau erlaubt eine wesentliche Verbesserung des Signal-/ Rausch- Verhältnisses. Damit können das Auflösungsvermögen und die Aufnahmegeschwindigkeit erhöht werden.

30

Die räumliche Anordnung der Verlauf des die Spule bildenden Mikrostrips ist in der durch die Spule definierten Fläche im allgemeinsten Falle beliebig. Bevorzugt ist die Form eines Kreises, eines Rechteckes, eines Sechseckes oder eines Polygons zu wählen. Gerade diese Formen erlauben aus räumlichen Gründen eine dichte Anordnung der benachbarten Spulen, die mit ihren jeweils zugeordneten Flächen seitlich aneinander anschließen.

Im allgemeinsten Fall beliebig ist das Krümmungsverhalten der durch die Spule definierten Fläche. Im speziellen Falle bevorzugt ist, aus Gründen der Praktikabilität der Herstellung eine Ebene zu wählen.

Der die Spule umgebende und die Abschirmung darstellende Leiter hat zur zwingenden Voraussetzung der Wirksamkeit eine Anordnung außerhalb der Spule im wesentlichen in der durch die Spule definierten Fläche sowie zusätzlich die Notwendigkeit in sich geschlossen zu sein. Andernfalls wären die zu Kompensation der elektrischen und magnetischen Felder erforderlichen Ausgleichsströme und Spannungen innerhalb der Abschirmung behindert. Der Abstand zwischen Spule und dem die Abschirmung bildenden Leiter kann im allgemeinsten Fall unterschiedlich gewählt werden. In spezieller Ausgestaltung bevorzugt ist, dass der Abstand zwischen der Spule sowie dem vom Mittelpunkt aus gesehen außerhalb liegenden und die Abschirmung bildenden Leiter über den Umfang unterschiedlich gewählt werden kann. Bevorzugt ist jedoch eine Äquidistanz d.h. ein über dem gesamten Umfang konstanter Abstand zwischen Spule und Leiter.

Wie bereits erläutert, werden mehrere Spulen mit ihren erfindungsgemäßen Abschirmungen in Feldern (Arrays) bei gegenseitiger flächenmäßiger Zuordnung und im Abstand zueinander angeordnet.

Trotz der vorgeschlagenen Abschirmung verbleibt dann immer noch eine, wenn auch nur geringfügige Kopplung benachbarter Spulen. Aus mehreren Gründen ist eine derartige Kopplung von Nachteil: Zum einen wird das Signal-Rausch-Verhältnis verschlechtert und die Einstellung der einzelnen Spulen gestaltet sich aufgrund der gegenseitigen Kopplung wesentlich schwieriger. Ebenso ist es prinzipiell ausgeschlossen, die empfangenen Signale vollständig einer einzigen Spule zuzuordnen. In einer wesentlichen Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird der Vorschlag genutzt, dass bei einer überlappenden Anordnung benachbarter Spulen mit ihrer Abschirmung eine im allgemeinsten Fall nur teilweise Kompensation eintreten kann, die zu einer elektromagnetischen Entkopplung der Spulen führt. Es ist ein weiterer Verdienst der Erfindung erkannt zu haben, dass bei Betrachtung zweier Spulen mit Abschirmungen drei definierte Positionen gegenseitiger Überlappung existieren, in denen eine vollständige elektromagnetische Entkopplung der beiden benachbarten Spulen eintritt.

Eine der Positionen ist dadurch definiert, dass sich die beiden außerhalb der Spulen angeordneten Abschirmungen, jedoch nicht die Spulen selbst gegenseitig überlappen.

In der zweiten möglichen Position überlappen die Abschirmungen der einen Spule nicht nur die Abschirmung der benachbarten (wie oben) sondern auch noch die Spule selbst, wobei die Spulen ihrerseits sich gegenseitig jedoch nicht überlappen.

In der dritten möglichen Position überlappen sich Abschirmung und Spule (Leiter) der beiden Spulen vollständig.

Bei Betrachtung zweier Anordnungen, die jeweils aus einer Spule und der zugehörigen Abschirmung bestehen und wie im allgemeinsten Fall der Erfindung beschrieben, existieren nur drei definierte Abstände bei einer relativen eindimensionalen Verschiebung, bei denen eine vollständige elektromagnetische Entkopplung stattfindet. Hierbei

ist unberücksichtigt, dass bei symmetrischen Anordnung spiegelbildlich angeordnete weitere Punkte existieren.

5 Im Ergebnis erhält man eine vollständige elektromagnetische Entkopplung benachbarter Spulen, eine präzise Zuordnung der empfangenen Signale zu einer definierten Spule sowie die Möglichkeit einer dichten Packung der Felder (Arrays). Hinzu kommt eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses.

10 Die Eigenfrequenzen der Spulen sind abzustellen auf die Resonanzfrequenz der Atome. Die gesamte, aus Spule und Abschirmung bestehende Anordnung, weist durch den konstruktiven Aufbau bedingte Induktivitäten und Kapazitäten auf. Zur Abstimmung auf die Resonanzfrequenz des magnetischen Momentes des Kernes ist die Anbringung zusätzlicher Induktivitäten und/oder Kapazitäten in vielen  
15 Fällen aus der Notwendigkeit der Abstimmung erforderlich.

Im speziellen wird vorgeschlagen, die Kapazitäten zwischen der Spule und der Abschirmung anzubringen; die Kapazitäten weisen somit ausgehend vom Mittelpunkt etwa in radiale Richtung.  
20

In ihrer allgemeinsten Anspruchsfassung ist gefordert, dass der die Abschirmung bildende Leiter in der durch die Spule definierten Fläche zu positionieren ist. Ausdrücklich werden auch jene Ausführungsformen unter Schutz gestellt, bei denen sich der die Abschirmung bildende Leiter ein – oder beidseitig über die Fläche heraus  
25 und zwar im wesentlichen senkrecht hierzu erstreckt. Im Falle der Verwendung bandförmiger Leiter als Abschirmung ist die Erstreckung über die durch die Spule definierte Ebene hinaus unvermeidbar und führt in der Regel zu einer Verbesserung der Abschirmungseigenschaften.  
30

Aus der Theorie der Abschirmung elektrischer Felder mit Hilfe Faradayscher Käfige ist dessen Erdung bekannt. Aufgrund des symmetrischen Aufbaues von Spule und Abschirmung treten im Hinblick auf die in der Abschirmung sich ausbildenden elektrischen Ladungsverschiebungen und/oder Wirbelströme symmetrische Verhältnisse auf, d.h., dass innerhalb der Abschirmung bei integraler Betrachtung eine Kompensation eintritt. Eine Erdung der Abschirmung ist daher nicht zwingend erforderlich, weil die Abschirmung auf gleichem Potential verbleibt. Dennoch wird in einer zweckmäßigen Weiterbildung die Erdung der Abschirmung vorgeschlagen.

Der Spulenkreis ist nach außen über eine Versorgung (beim Senden) oder über eine Auswerteeinheit (beim Empfangen) angeschlossen. Bei bestimmten Betriebsmoden ist man daran interessiert, bestimmte Spulen wirkungslos zu schalten, z.B. dann, wenn eine Spule nur zum Senden oder nur zum Empfangen eingesetzt werden soll oder auch dann, wenn nur mit einzelnen Spulen gearbeitet werden soll. Hierfür wird vorgeschlagen, die Spule über eine PIN – Diode kurzzuschließen. Der Name PIN leitet sich aus den drei Bereichen der Diode ab (Positiv, Intrinsic, Negativ) und ist eine von außen schaltbare Diode, die im Arbeitszustand geöffnet ist und bei Kurzschließen die Spule wirkungslos schaltet. Durch die Ansteuerung lässt sich die Wirkung der Spule problemlos zu- und abschalten.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist der als Abschirmung wirkende Leiter ebenfalls über einen Schalter temporär öffnbar. Mit Öffnung wird die Abschirmwirkung weggeschaltet; bei einem geschlossenen Leiter hingegen ist die Abschirmung zugeschaltet. Bei bestimmten Betriebszuständen, so z.B. beim Senden, empfiehlt sich zur Vermeidung von Energieverlusten die Abschirmung wirkungslos zu machen, in dem sie beispielsweise in vorbeschriebener Weise weggeschaltet

wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass im nicht aktiven Betriebszustand, d.h. bei weggeschalteter Spule eine weitere Wegschaltung auf der Abschirmung den entscheidenden Vorteil bietet, dass Verzerrungen des Magnetfeldes vermieden werden. Die bauliche Konkretisierung des temporären Öffnens oder Schließens des Leiters steht dem Rahmen der Erfindung grundsätzlich frei. Ähnlich wie bei der Spule kann eine schaltbare Diode zur Überbrückung eingesetzt werden, die das Zu- und Wegschalten durch Öffnen und Schließen der Diode in Durchlassrichtung vornimmt. Eine Ansteuerung ist möglich durch Verwendung von PIN-Dioden.

Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Merkmale der Erfindung lassen sich dem nachfolgendem Beschreibungsteil entnehmen, indem anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert wird. Es zeigt:

Figur 1 den Aufbau einer erfindungsgemäßen Spule in prinzipienhafter Darstellung in Draufsicht.

Figuren 2 bis Figur 9 stellen verschieden bauliche Lösungen des erfindungsgemäßen Gedankens dar.

Figur 10 eine Überlappung der die Abschirmung bildenden elektrischen Leiter zweier benachbarter Spulen.

Die Spule (1) besteht in gezeigtem Ausführungsbeispiel aus einem einzigen streifenförmigen Leiter, der etwa rechteckförmig in seinem Verlauf angeordnet und auf einer Grundplatte befestigt ist. Nicht dargestellt sind die Verbindungen zu einer Stromversorgung im Fall des Betriebes als Sendespule oder einem Frequenzdecoder beim Betrieb als Empfangsspule, die mit Hilfe eines Koaxialkabels oder anderer

Verbindungen hergestellt werden kann. Derartige aus einem aus einem einzigen Streifen aufgebaute Spulen (1) sind unter der englischen Bezeichnung microstrip transmission line (MTL) aus dem Stande der Technik bekannt.

5

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Weiterbildung besteht darin, dass die Spule (1) auf der durch diese definierten Fläche (2) ein Leiter (3) angebracht ist, der in sich geschlossen ist und die Spule (1) umgibt. Eine Erdung ist im allgemeinsten Fall nicht zwingend erforderlich.

10

Dieser umgebende Leiter (3) hat die Funktion einer Abschirmung von sowohl elektrischen als auch magnetischen Feldern, wobei die Abschirmung der elektrischen Felder im wesentlichen nach dem Prinzip des Faradayschen Käfigs und die der magnetischen Wechselfelder durch Induktion von Wirbelströmen erfolgt, die zu einer Kompensation der auftreffenden magnetischen Felder führen.

15

Als Ergebnis erhält man eine weitgehende Abschirmung der Spule (1) von den im wesentlichen in Richtung der Fläche (2) einwirkenden Störfelder (es handelt sich hierbei um die Richtung in der sich die benachbarten Spulen des Arrays angeordnet sind) aber auch der Reduzierung der Beeinflussung benachbarter Spulen durch die betrachtete. Eine Beeinflussung von Senden und/oder Empfangen von Signalen, die im wesentlichen senkrecht zu der Fläche (2) und damit senkrecht zur Zeichenebene verlaufen, findet nicht statt.

20

25

In den nachfolgenden Zeichnungen werden in prinzipienhafter Darstellung unterschiedliche Lösungen des erfindungsgemäßen Gedankens wiedergegeben.

30

Figur 2 zeigt eine Lösung bei welcher die Spule 1 über einen Kondensator 4 überbrückt ist, hingegen der Leiter 3 in sich geschlossen, koaxial verlaufend und nach außen beabstandet ist.

5 Eine vergleichbare Lösung zeigt Figur 3 mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu Überbrückung des Kondensators 4 eine schaltbare Diode 5 eingesetzt ist. Durch Kurzschließen des Kondensator ergibt sich ein Schließen der Spule 1.

10 Figur 4 zeigt eine zu vorgenannter Figur vergleichbare Anordnung mit dem Unterschied, dass in Reihe zur Diode 5 eine Induktivität 7 geschaltet ist. Das Schwingungsverhalten lässt sich bekanntlich durch entsprechende Wahl des Kondensators 4 als auch der Induktivität 7 in der gewünschten Weise abstimmen.

15 Figur 5 zeigt eine Anordnung, bei welcher die über den Kondensator 4 geöffnete Spule 1 von einem Leiter 3 umgeben ist, in welchem die schaltbare Diode 5 Anordnung findet. Die Abschirmwirkung des Leiters 3 kann durch Zu/Abschalten der Diode 5 in seine Wirkung beeinflusst werden.

20

Eine von den vorbeschriebenen Anordnungen grundlegend abweichende Realisierung des erfindungsgemäßen Gedankens findet sich in Figur 6. Hierbei ist die Spule 1 offen. Nicht nur auf der Außenseite, sondern auch auf der Innenseite verläuft koaxial jeweils ein in sich geschlossener und der Abschirmung dienender Leiter 3. Im Unterschied zu oben kann eine Anbringung des Leiters 3 auch (zusätzlich) innerhalb der Spule 1 erfolgen.

25

30 Eine aus einer offenen und innen angeordneten Spule 1 und einem koaxial nach außen zu angeordneten und als Abschirmung dienen-

den Leiter 3 bestehende Anordnung ist in der Figur 7 wiedergegeben. Charakteristisch für diese Anordnung ist die Anbringung zusätzlicher Kapazitäten zwischen Leiter und Spule. Durch entsprechende Wahl von Anzahl und Größe der Kapazitäten und der Tatsache, dass elektrische Leiter im Rahmen hoher Frequenzbereiche Induktivitäten aufweisen, lässt sich das Schwingungsverhalten und insbesondere die Resonanzfrequenz beeinflussen und einstellen.

In Figur 8 wurde anstelle der Diode ein Kondensator 4 eingebaut, der eine Öffnung der Spule für Gleichstrom und eine Überbrückung entsprechenden Widerstandes, die frequenzabhängig ist, für Wechselstrom darstellt.

Figur 9 zeigt eine hierzu vergleichbare Anordnung mit dem Unterschied, dass die Spule über eine schaltbare Diode 5 überbrückt ist. Ein Kurzschließen der Spule ist somit von Außen her unproblematisch möglich.

In prinzipienhafter Darstellung sind in Figur 10 zwei benachbarte Spulen 1 in gegenseitiger Überlappung gezeigt. Jede dieser in ihrem Aufbau identischen Spulen 1 ist außenseitig mit einem der Abschirmung dienenden elektrischen Leiter 3 umgeben. Insgesamt sind zahllose relative Anordnungen zweier Spulen (mit Abschirmung) zueinander denkbar, von denen drei verschiedene Positionen existieren, in denen eine vollständige elektromagnetische Entkopplung der benachbarten Spulen stattfindet. Eine dieser Positionen ist wiedergegeben.

Gezeigt sind zwei im Aufbau identische Spulen 1 von sechseckiger Gestalt, die außenseitig durch den der Abschirmung dienenden elektrischen Leiter 3 coaxial umgeben sind. Die relative Position der beiden Spulen ist derart, dass der der Abschirmung dienende elektrische Leiter 3 der einen Spule 1 den der Abschirmung dienenden elektrischen Leiter 3 der benachbarten Spule als auch die Spule 1 selbst überlappt. Gleichzeitig verbleibt der Abstand noch so groß, dass es zu einer Überlappung der Spulen 1 selbst nicht kommt. Umgekehrt überlappt die zweite Spule mit ihrer Abschirmung gleichermaßen die erstbeschriebene Spule. Die beschriebene Zuordnung führt zu einer vollständigen elektromagnetischen Entkopplung der beiden dargestellten Spulen 1.

Patentansprüche

- 5 1. Abbildungsvorrichtung zur Nutzung der kernmagnetischen Resonanz (KMR) unter Verwendung von Spulen (1), die dem Senden und/oder Empfangen der Frequenzsignale (Lamorfrequenz) dienen und die in Feldern (Arrays) zusammengefasst sind, wobei die einzelne Spule (1) aus einer Leiterbahn besteht, die eine Fläche (2) definiert, **da-**
- 10 **durch gekennzeichnet**, dass zumindest in der Fläche (2) ein elektrischer Leiter (3) angebracht ist, der in Bezug auf die Spule (1) außerhalb oder innerhalb angeordnet ist, diese vollständig umläuft und in sich geschlossen ist.
- 15
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils mindestens ein Leiter (3) innerhalb und außerhalb der Spule (1) angeordnet ist.
- 20
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der räumliche Verlauf von Spule (1) und/oder Leiter (3) ein Kreis, ein Rechteck, ein Sechs- oder Achteck oder ein Polygonzug ist.
- 25
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fläche (2) eine Ebene ist.
- 30

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** eine Äquidistanz zwischen Spule (1) und dem umlaufenden Leiter (3).

5

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der die Abschirmung bildende Leiter (3) außerhalb der Spule (1) angeordnet ist und dass sich die Leiter (3) benachbarter Spulen (1) und ggf. die Spulen (1) selbst teilweise oder vollständig gegenseitig überlagern.

10

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Leiter (3) benachbarter Spulen (1), nicht jedoch die Spulen (1) selbst überlappen.

15

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die die Abschirmung bildenden Leiter (3) sowohl den Leiter (3) als auch die Spule (1) der benachbarten Spule überlappen, eine Überlappung der Spulen (1) selbst nicht stattfindet.

20

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich sowohl die die Abschirmung bildenden Leiter (3) als auch die Leiterbahn der Spule (1) der benachbarten Spulen gegenseitig überlappen.

25

30

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzliche Induktivitäten und/oder Kapazitäten in Spule (1) und/oder Leiter (3) eingebaut sind.

5

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazitäten zwischen Spule (1) und Leiter (3) angeordnet sind.

10

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der die Abschirmung bildende Leiter (3) sich ein- oder beidseitig senkrecht über die Fläche (2) hinaus erstreckt.

15

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leiter (3) der Abschirmung getrennt ist.

20

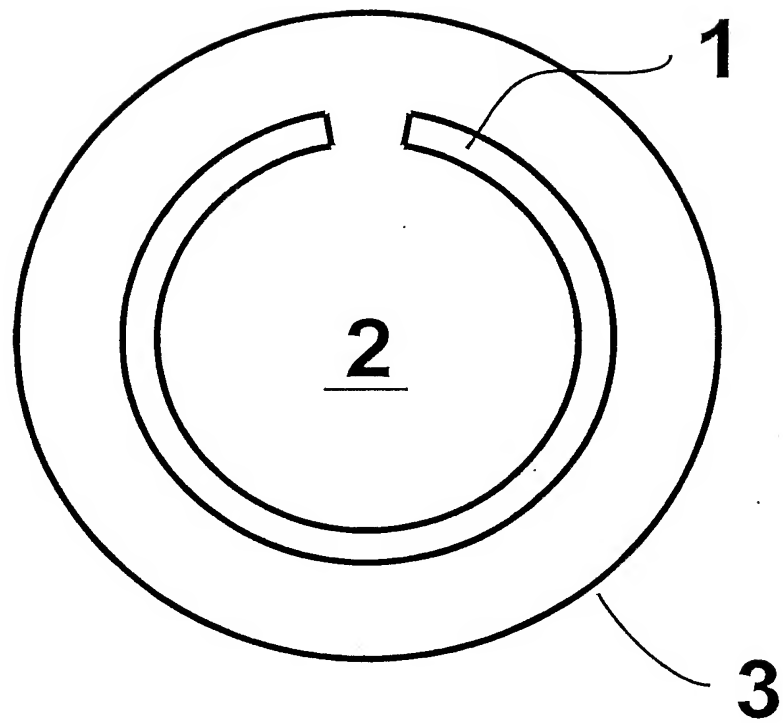
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spule (1) über eine schaltbare Diode, insbesondere eine PIN-Diode, kurzschließbar ist.

25

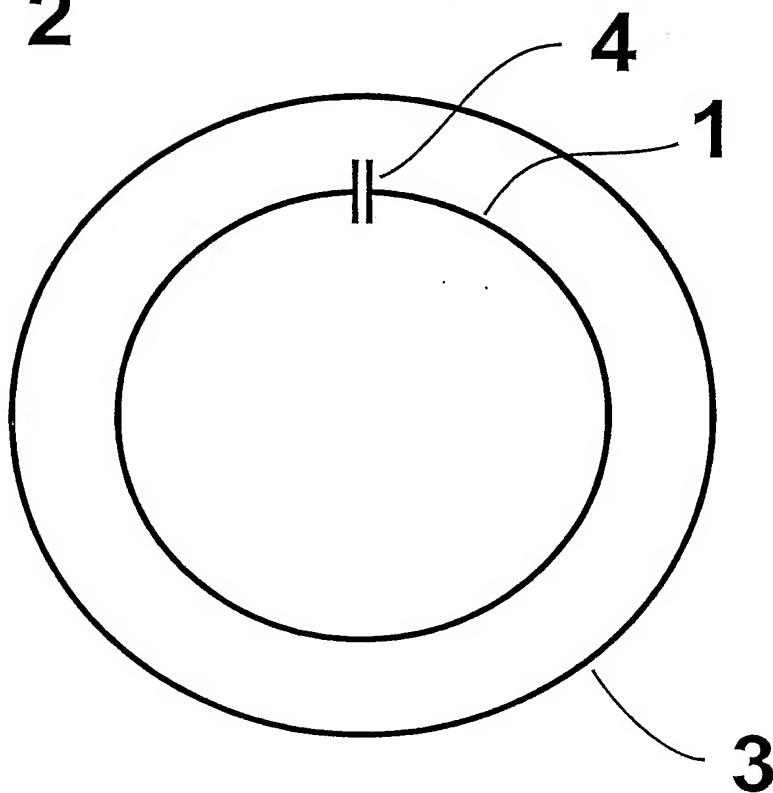
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leiter (3) über einen Schalter, z. B. eine schaltbare Diode, insbesondere PIN-Diode, temporär geöffnet werden kann.

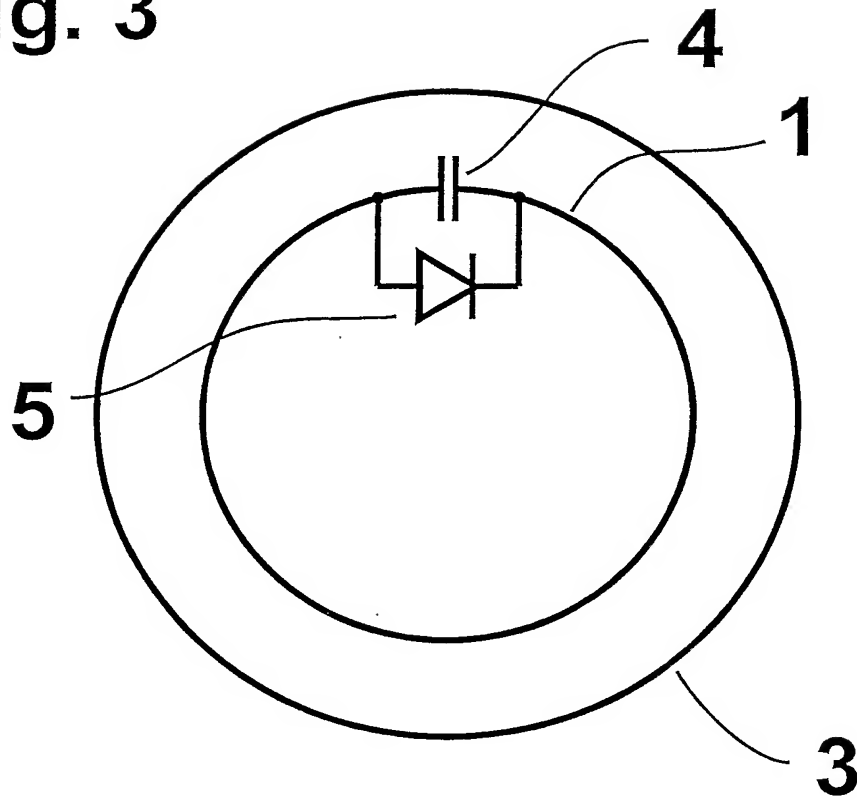
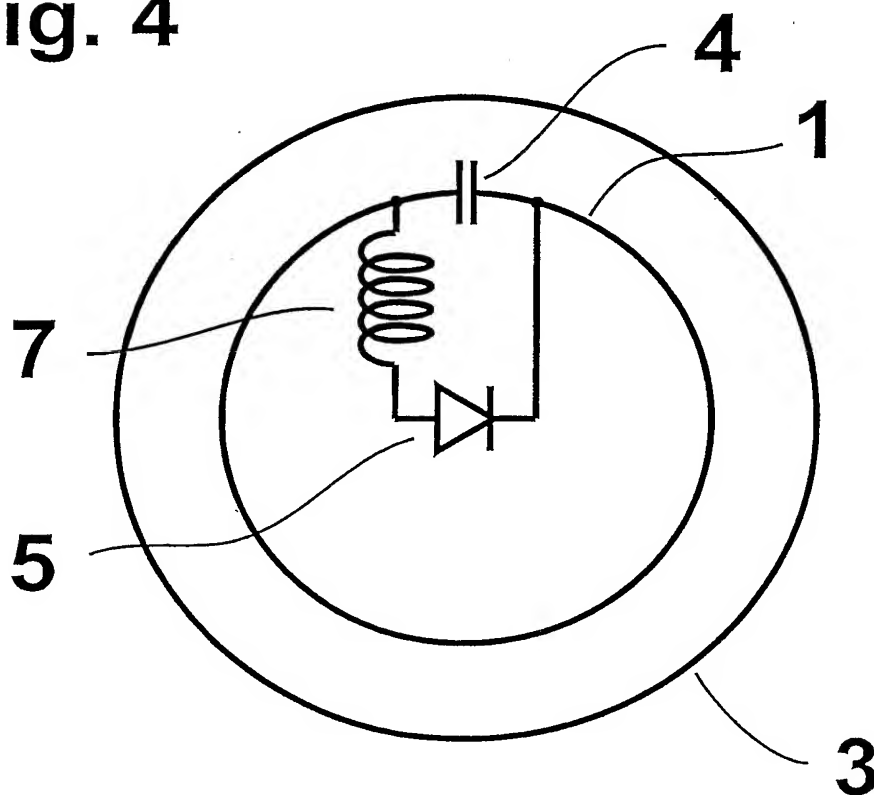
30

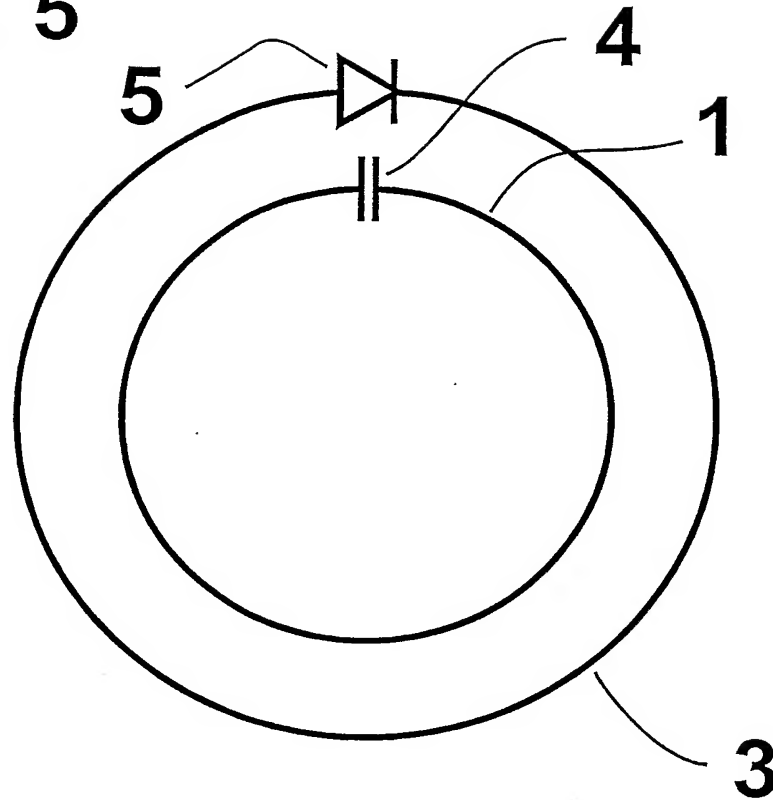
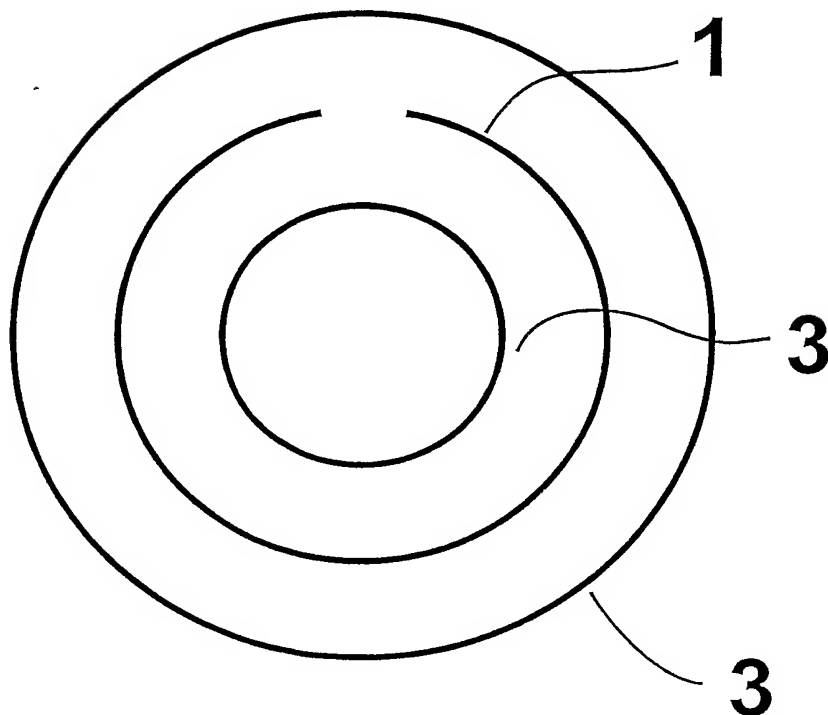
**Fig. 1**

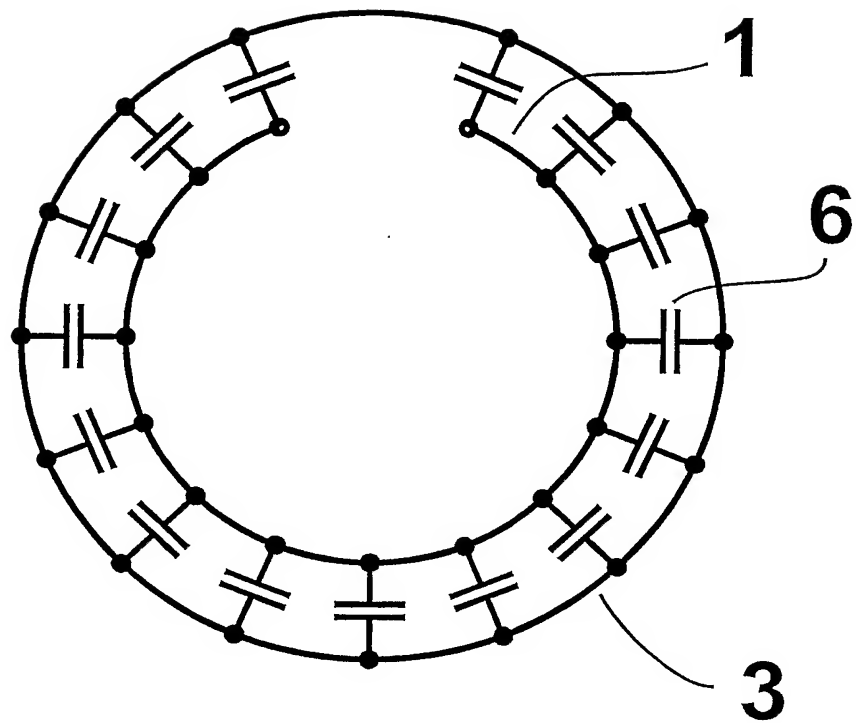
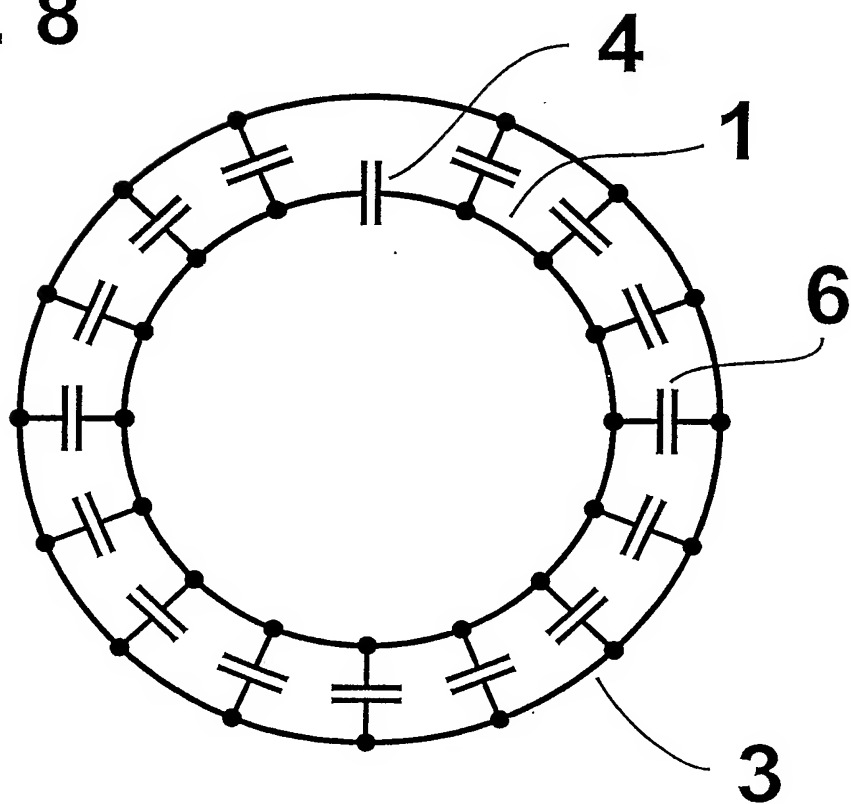


**Fig. 2**



**Fig. 3****Fig. 4**

**Fig. 5****Fig. 6**

**Fig. 7****Fig. 8**

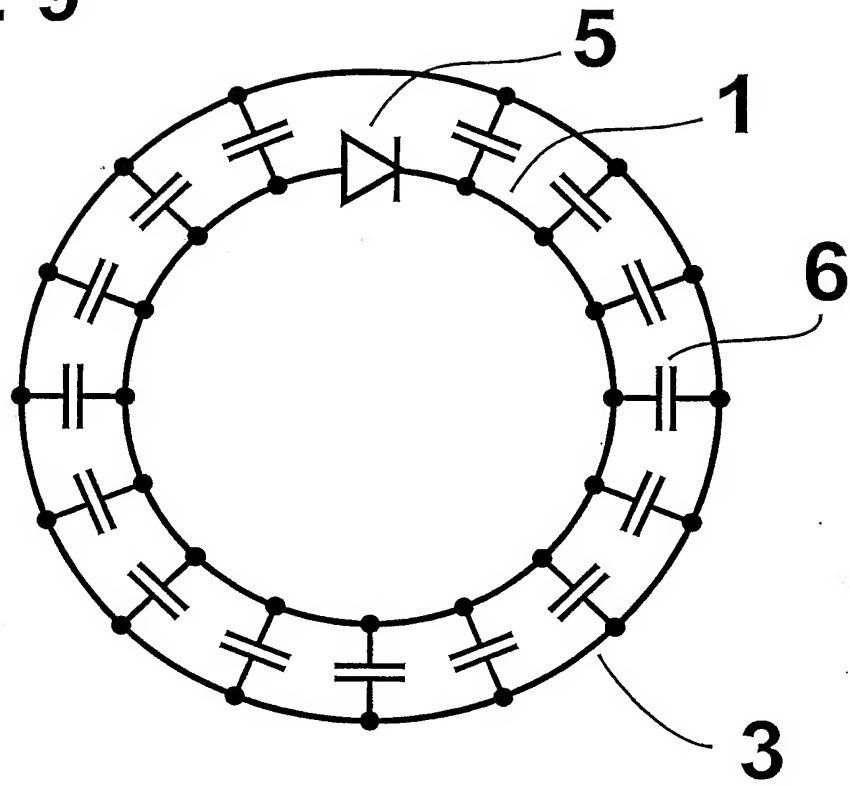
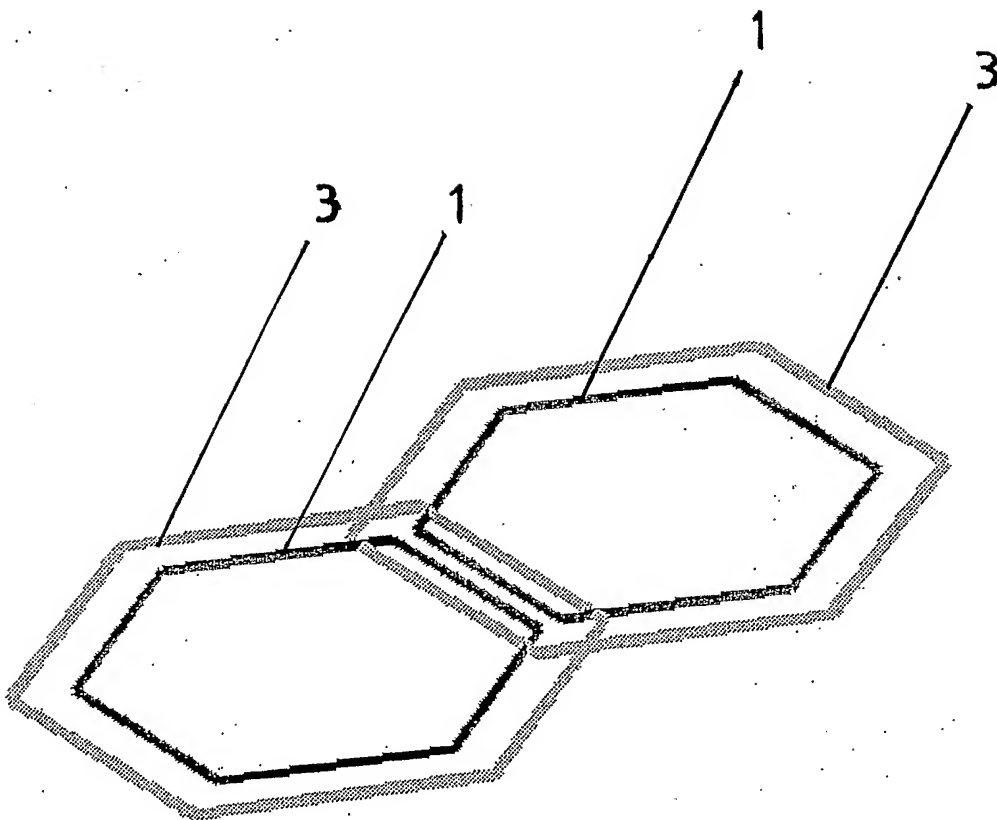
**Fig. 9**

Fig. 10



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2005/000232

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01R33/3415 G01R33/422

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 661 400 A (PLIES ET AL) 26 August 1997 (1997-08-26) column 3, line 22 - column 4, line 27; figures 1-3	1,3-5,10
X	US 5 999 000 A (SRINIVASAN ET AL) 7 December 1999 (1999-12-07)  column 9, line 15 - column 9, line 38 column 14, line 35 - column 15, line 35; figure 5	1,3-5, 10,11, 14,15
X	US 4 652 827 A (EGUCHI ET AL) 24 March 1987 (1987-03-24) column 2, line 37 - column 2, line 54 column 5, line 7 - column 5, line 53; figure 2	1,3-7, 10,12
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 May 2005

Date of mailing of the international search report

10/05/2005

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lersch, W

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2005/000232

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/122546 A1 (LEUSSLER CHRISTOPH GUENTHER) 3 July 2003 (2003-07-03) paragraphs '0057! - '0068!; figures 4,6 -----	1-11
X	US 2002/190717 A1 (LEUSSLER CHRISTOPH GUENTHER ET AL) 19 December 2002 (2002-12-19) paragraphs '0042! - '0049!, '0054! - '0056!; figures 3,6-8,12,13 -----	1-6, 9-11,14, 15
A	BOCK N A ET AL: "Multiple-mouse MRI" MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, ACADEMIC PRESS, DULUTH, MN, US, vol. 49, no. 1, January 2003 (2003-01), pages 158-167, XP002281379 ISSN: 0740-3194 siehe Seiten 159-163 -----	1,3,5, 10,12,13
A	US 2003/155918 A1 (YOUNG IAN ROBERT ET AL) 21 August 2003 (2003-08-21) paragraphs '0028! - '0064!; figures 2,3,6,9 -----	1,3-7, 10,12,14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/000232

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5661400	A	26-08-1997	DE	19513231 A1	10-10-1996
			JP	3516800 B2	05-04-2004
			JP	8280654 A	29-10-1996
US 5999000	A	07-12-1999	US	5777474 A	07-07-1998
US 4652827	A	24-03-1987	JP	1630213 C	20-12-1991
			JP	2058933 B	11-12-1990
			JP	60190846 A	28-09-1985
			DE	3508361 A1	12-09-1985
			GB	2159626 A , B	04-12-1985
US 2003122546	A1	03-07-2003	DE	10157039 A1	05-06-2003
			CN	1420363 A	28-05-2003
			EP	1314995 A2	28-05-2003
			JP	2003180659 A	02-07-2003
US 2002190717	A1	19-12-2002	DE	10056807 A1	23-05-2002
			WO	0241020 A2	23-05-2002
			EP	1257840 A2	20-11-2002
			JP	2004513718 T	13-05-2004
US 2003155918	A1	21-08-2003	GB	2360094 A	12-09-2001
			AU	3587001 A	17-09-2001
			EP	1269211 A1	02-01-2003
			WO	0167126 A1	13-09-2001
			JP	2003526421 T	09-09-2003

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01R33/3415 G01R33/422

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 661 400 A (PLIES ET AL) 26. August 1997 (1997-08-26) Spalte 3, Zeile 22 - Spalte 4, Zeile 27; Abbildungen 1-3	1,3-5,10
X	US 5 999 000 A (SRINIVASAN ET AL) 7. Dezember 1999 (1999-12-07)  Spalte 9, Zeile 15 - Spalte 9, Zeile 38 Spalte 14, Zeile 35 - Spalte 15, Zeile 35; Abbildung 5	1,3-5, 10,11, 14,15
X	US 4 652 827 A (EGUCHI ET AL) 24. März 1987 (1987-03-24) Spalte 2, Zeile 37 - Spalte 2, Zeile 54 Spalte 5, Zeile 7 - Spalte 5, Zeile 53; Abbildung 2	1,3-7, 10,12
	----- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Mai 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lersch, W

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/122546 A1 (LEUSSLER CHRISTOPH GUENTHER) 3. Juli 2003 (2003-07-03) Absätze '0057! - '0068!; Abbildungen 4,6 -----	1-11
X	US 2002/190717 A1 (LEUSSLER CHRISTOPH GUENTHER ET AL) 19. Dezember 2002 (2002-12-19) Absätze '0042! - '0049!, '0054! - '0056!; Abbildungen 3,6-8,12,13 -----	1-6, 9-11,14, 15
A	BOCK N A ET AL: "Multiple-mouse MRI" MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, ACADEMIC PRESS, DULUTH, MN, US, Bd. 49, Nr. 1, Januar 2003 (2003-01), Seiten 158-167, XP002281379 ISSN: 0740-3194 siehe Seiten 159-163 -----	1,3,5, 10,12,13
A	US 2003/155918 A1 (YOUNG IAN ROBERT ET AL) 21. August 2003 (2003-08-21) Absätze '0028! - '0064!; Abbildungen 2,3,6,9 -----	1,3-7, 10,12,14

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000232

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5661400 A	26-08-1997	DE 19513231 A1 JP 3516800 B2 JP 8280654 A	10-10-1996 05-04-2004 29-10-1996
US 5999000 A	07-12-1999	US 5777474 A	07-07-1998
US 4652827 A	24-03-1987	JP 1630213 C JP 2058933 B JP 60190846 A DE 3508361 A1 GB 2159626 A , B	20-12-1991 11-12-1990 28-09-1985 12-09-1985 04-12-1985
US 2003122546 A1	03-07-2003	DE 10157039 A1 CN 1420363 A EP 1314995 A2 JP 2003180659 A	05-06-2003 28-05-2003 28-05-2003 02-07-2003
US 2002190717 A1	19-12-2002	DE 10056807 A1 WO 0241020 A2 EP 1257840 A2 JP 2004513718 T	23-05-2002 23-05-2002 20-11-2002 13-05-2004
US 2003155918 A1	21-08-2003	GB 2360094 A AU 3587001 A EP 1269211 A1 WO 0167126 A1 JP 2003526421 T	12-09-2001 17-09-2001 02-01-2003 13-09-2001 09-09-2003